

辽河油田勘探开发40年系列丛书

大民屯凹陷 精细勘探实践与认识

冻振岩 陈永成 郭彦民
顾国忠 王 丹 等编著

DAMINTUNAOXIAN
JINGXIKANTAN
SHIJIAN YURENSHI

LIAOHE

OILFIELD

石油工业出版社

辽河油田勘探开发 40 年系列丛书

大民屯凹陷精细勘探实践与认识

陈振岩 陈永成 郭彦民 顾国忠 王 丹 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书重点介绍了辽河坳陷大民屯凹陷近年来的石油地质理论与应用技术新进展,地震精细采集、处理与解释,裂缝预测新技术;总结了精细勘探模式、主要成果和经验。

本书可供石油勘探科研、生产及管理人员使用,对大专院校师生也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

大民屯凹陷精细勘探实践与认识 / 陈振岩等编著.

北京:石油工业出版社,2007.3

(辽河油田勘探开发40年系列丛书)

ISBN 978-7-5021-5979-5

I. 大…

II. 陈…

III. 坳陷-含油气盆地-油气勘探-研究-辽宁省

IV. P618.130.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第031964号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2007年3月第1版 2007年3月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:16.5

字数:423千字 印数:1—2000册

定价:60.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

攀登石油科技高峰
实现辽河百年伟业

题赠辽河油田勘探开发研究院

二〇〇六年十一月

王涛



《辽河油田勘探开发 40 年系列丛书》编委会

主 任：谢文彦

副主任：任芳祥 孟卫工 张方礼

委 员：张占文 尹万泉 陈绍生 赵立岩 李晓光 张文坡
赵晓强 龚姚进 曹正林 刘绍峰 李铁军 张巨星
陈振岩 武 毅 马德胜 张吉昌

序

辽河拗陷地质条件极其复杂，构造破碎，发育多套生、储、盖组合，油气藏类型丰富，素有“地质大观园”之称。面对复杂的石油地质背景，广大科技工作者依靠自强不息的精神！把勘探开发目标由小做到大，把勘探开发思路由窄引向宽，原油年产量不断攀升，1995年达到了1550万吨，辽河油田跃居全国第三大油田，建成了全国最大的稠油、高凝油生产基地，为中国石油工业的发展作出了突出贡献。

辽河油田40年的勘探开发历程是一段波澜壮阔的历史，充满了艰辛与挑战。在近40年的勘探开发实践中，广大的勘探开发工作者面对复杂的勘探开发对象，勇于打破传统思维，开拓进取，大胆实践，探索和实践出了一整套适合辽河油田油藏特点的勘探开发思路和配套的勘探开发技术。特别是“九五”以来，勘探上围绕火成岩、潜山、复杂断块油气藏形成与分布理论开展研究，形成了一系列有特色的地质理论和技术，一大批具有千万吨级储量规模的油气藏相继涌现。油田开发上，普通稠油以及特超稠油蒸汽吞吐热力开采技术不断完善，形成了具有国内领先的中深层稠油中后期开发技术与室内试验研究技术；复杂断块精细油藏描述技术、特殊岩性油藏开发技术日臻完善；水平井技术取得突破性进展，不同类型水平井规模应用技术走到了中国石油的前列。这些瞩目的成绩，为中国石油“东部硬稳定”的发展格局奠定了坚实的基础。

在辽河油田勘探开发40周年暨辽河油田勘探开发研究院40年华诞之时，系统回顾与总结，并出版《辽河油田勘探开发40年系列丛书》是一件很有意义和值得庆贺的事情。该套丛书是辽河油田40年勘探开发实践和地质理论发展的真实写照，从不同侧面、不同角度反映出了40年来辽河油田勘探开发的巨大成就。该套丛书对广大科技人员长期付出的辛劳是一种很好的纪念，同时又是缅怀历史、启迪来者、获取知识、吸取营养的重要阶梯。

整套丛书紧密结合勘探开发实际，论述全面系统，资料翔实可靠，主体思路开阔，是难得的由石油科技工作者自己编写的专著。这套丛书对类似盆地的油气勘探开发具有一定的指导和借鉴作用，特别是很多石油勘探开发方法和规律性总结，均有较强的推广价值。

辽河油田目前已转入高成熟勘探开发阶段，但是仍有很多未经开拓的领域，老探区勘探开发仍然有很大的潜力，仍然有着做不完的大文章。我相信该套丛书的出版将有助于广大科技人员和石油职工利用已有的认识和经验，更有效地去探索新的油气领域，实现辽河油田持续、有效发展的长远目标，为我国石油事业继续作出更大的贡献。

谌文新

2007年3月22日

前 言

我国许多重要的油气区已进入勘探高成熟阶段,勘探难度日益增大。一些油气相对集中、构造比较完整、储量规模较大的圈闭发现机遇也日益减少,非常规储层、隐蔽圈闭、深层等一些难度较大的勘探领域越来越占有重要地位,这就需要不断地运用和发展新的石油地质理论和新的技术方法来进行精细勘探。

辽河坳陷大民屯凹陷勘探工作始于 1955 年,至今已经历了 50 多年,按其主要认识和取得的成果,大致可划分为 5 个勘探阶段(图 1)。

1. 凹陷初探阶段(1955—1974 年) 1955—1965 年原地质部通过初步的地球物理勘探工作发现了大民屯凹陷,并在凹陷内发现了 3 个局部高点。到 1974 年共完成二维地震 1781.04km。1971 年 3 月开始钻探,至 1974 年共完钻探井 66 口,52 口井见到了油气层,发现了前当堡断裂背斜构造带和法哈牛—韩三家子构造的古近系沙三段稀油油气藏。由于受当时工艺技术条件和认识所限,未认识到本凹陷存在巨厚的沙四段烃源岩和含高蜡油的古潜山油藏,更未意识到其巨大的勘探潜力和效益,当时对高蜡油采用常规的试采无法求产。

2. 勘探停滞阶段(1975—1979 年) 1975 年下半年因辽河坳陷西部凹陷斜坡勘探的需要,大批勘探队伍撤离到西部凹陷,大民屯凹陷的勘探工作中断至 1979 年。

3. 高速勘探阶段(1980—1988 年) 为了进一步准备新的勘探后备战场,大民屯凹陷重新部署详查,共完成二维地震 4076.11km 及部分三维地震,在地震资料解释中,应用地震地层学解释技术,结合地质、测井等资料进行综合解释,对大民屯凹陷构造重新评价、重新勘探,相继发现了东胜堡、静北、边台—曹台潜山油藏,以及一批中浅层构造油藏。与此同时,对高蜡油层开展热采工艺攻关,获得成功,使大片高蜡油资源得以开发。这一阶段是大民屯凹陷油气探明储量增长的高峰期,共探明地质储量 $2.014979 \times 10^8 \text{t}$,该时期探明的储量占目前总探明储量的 63% (图 1)。

4. 勘探徘徊阶段(1989—1999 年) 随着勘探程度的提高,凹陷进入高成熟勘探阶段,勘探难度进一步增大。主要表现在:勘探对象发生很大的变化,油气比较富集的、相对比较整装、储量规模比较大的中央背斜构造带、翘倾断块带和断阶带,以及大型的中、高潜山带等构造和潜山油气藏已基本钻探发现,剩下的都是一些“小、深、难”的勘探对象,勘探难度越来越大,使这一时期的勘探工作处于被动局面,该时期勘探工作基本处于停滞阶段,11 年间仅探明石油地质储量 $3645 \times 10^4 \text{t}$ 。

5. 精细勘探阶段(2000 年至今) 21 世纪初,辽河石油工作者运用精细勘探的思路,注重石油地质新理论的运用和勘探技术的探索与攻关,建立和完善了大民屯凹陷低潜山油气成藏模式和沙四段隐蔽油气藏预测方法,取得了大民屯凹陷勘探的两大突破。(1) 突破了 3100m 为潜山统一油水界面的主导认识,重新建立起低潜山成藏模式。以沈 229 井获 $160 \text{m}^3/\text{d}$ 高产油流为标志,揭开了大民屯元古宇低潜山的勘探序幕,进而在安福屯潜山获得千万吨级整装规模储量。同期,在东胜堡西侧低潜山也钻探出了沈 628 等百吨井,打开了太古宇低潜山的勘探局面。2003 至 2005 年继续拓展元古宇潜山勘探,以沈 262 井在元古宇获 $152 \text{m}^3/\text{d}$ 高产工业油流为标志,发现了平安堡潜山。(2) 突破了沙四段缺乏有效储层的传统

认识。通过层序地层研究，在层序格架内寻找边缘相，先后发现了沈 225、沈 267 等四个有利的大砂体，并形成规模储量，使大民屯凹陷古近系的勘探实现了由构造主体向边缘相岩性的战略转变。“十五”期间在大民屯凹陷发现各级储量超过 $2.5 \times 10^8 \text{t}$ 。

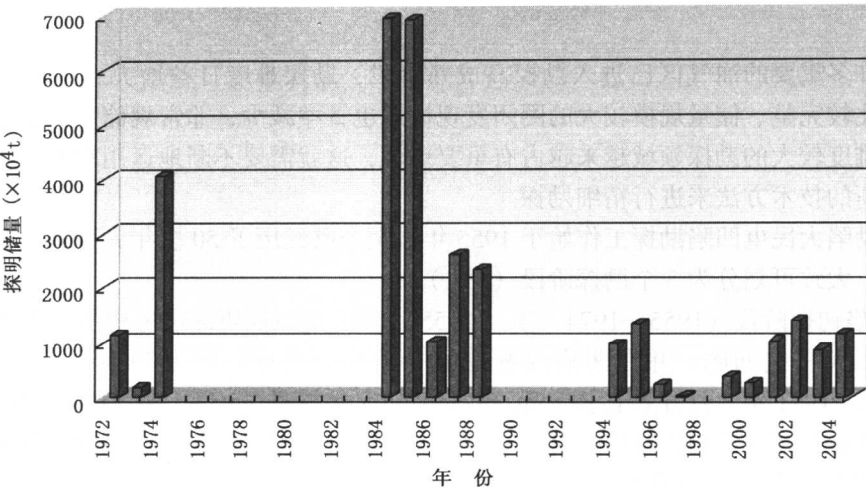


图 1 大民屯凹陷历年探明储量直方图

截至 2005 年底，大民屯凹陷累计完成二维地震勘探 6057.15km，三维地震勘探 1802.4km²（包括二次采集），完钻各类探井 343 口。已在前新生界潜山（包括太古宇、中上元古界）、古近系沙四段、沙三段和沙一段获得工业油气流。累计上报探明含油面积 202.47km²，石油地质储量 $3.26745 \times 10^8 \text{t}$ ，其中，沙三段获得的探明储量占凹陷总探明储量的 59.5%，沙四段占 2.2%，元古宇占 17.6%，太古宇占 20.7%，太古宇+元古宇（潜山）共占 38.3%。这些油气主要聚集在三大含油气构造中，即前进断裂背斜构造带、静安堡断裂鼻状构造带和边台—法哈牛断阶带，在这些构造带上分别建成了 4 个油气田：大民屯油田、法哈牛油田、静安堡油田和边台油田（图 2），其中静安堡油田探明含油面积

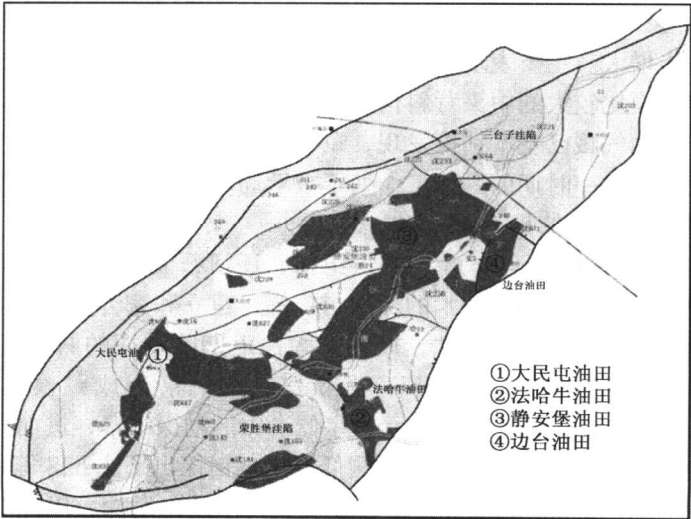


图 2 大民屯凹陷勘探成果图

71.1km², 探明地质储量 16210×10^4 t; 大民屯油田探明含油面积 53.8km², 探明地质储量 6225×10^4 t; 法哈牛油田探明含油面积 21.3km², 探明地质储量 2798×10^4 t; 边台油田探明含油面积 17.6km², 探明地质储量 3537×10^4 t。

本书是对大民屯凹陷精细勘探中新理论、新技术应用与探索和勘探成果的总结, 全书共分 3 篇。

第一篇介绍了大民屯凹陷精细勘探中石油地质新理论的研究与应用。2000 年以来, 针对大民屯凹陷地质特点, 系统地开展了层序地层学、含油气系统、潜山应力场分析与裂缝形成机制等相关石油地质新理论和新方法研究, 使大民屯基础地质认识得到了深化和提高, 明确了勘探主攻方向。

第二篇介绍了大民屯凹陷精细勘探新技术与应用。大民屯凹陷在地震精细采集、处理和解释、砂岩和变质岩测井解释、储层砂体预测和潜山裂缝预测方面都广泛应用和发展了当今的前沿技术, 较好地解决了一些前期制约勘探的“瓶颈”问题。

第三篇重点介绍了大民屯凹陷精细勘探进展与展望。总结了大民屯精细勘探的实践和成功经验, 建立了低潜山成藏模式, 重新评价沙四段勘探前景, 指出了下一步勘探方向。

本书成果是辽河石油工作者集体智慧的结晶。全书由陈振岩、陈永成主编, 各章节编写人员如下: 陈振岩、陈永成、郭彦民、顾国忠、王丹、高庆胜、尤桂彬等。

本书编写过程中, 得到辽河油田公司副总经理孟卫工、勘探处处长张占文、研究院副院长李晓光、研究院总地质师张巨星、老专家吴铁生、阎火、吴开耿等同志的大力支持和帮助, 同时参考了大量前人研究成果, 在此, 一并致以衷心的感谢!

由于时间和编写水平的限制, 书中缺点和错误难免, 敬请读者批评指正。

作 者

2007 年 2 月

目 录

第一篇 地质理论研究

1 区域地质特征	(3)
1.1 地层特征	(3)
1.2 沉积特征	(10)
1.3 区域构造	(15)
2 层序地层研究	(24)
2.1 层序地层格架	(24)
2.2 典型层序地层叠置样式	(28)
2.3 重点层序 (SQI) 内部构成分析	(33)
3 含油气系统与油气成藏机理研究	(62)
3.1 烃源岩特征	(62)
3.2 地温场演化与烃源岩生烃史	(70)
3.3 油气性质、来源与成因	(83)
3.4 油气输导格架与封闭条件	(98)
3.5 压力场及其演化	(104)
3.6 含油气系统	(112)
3.7 油气成藏机理	(115)

第二篇 新技术攻关与应用

4 三维地震资料精细采集技术	(133)
4.1 精细三维工程设计技术	(133)
4.2 精细表层结构调查技术	(136)
4.3 最佳岩性、多井、小药量组合激发技术	(138)
4.4 大型障碍区特观施工技术	(138)
4.5 量化质量监控技术	(140)
4.6 精细采集效果分析	(140)
5 地震资料精细处理技术	(143)
5.1 地震资料特点	(143)
5.2 高分辨率处理技术	(143)
5.3 复杂构造成像技术	(149)
5.4 地震资料处理效果	(151)
6 全三维构造精细解释技术	(154)
6.1 基础速度研究	(154)
6.2 层位标定技术	(157)

6.3	地震精细解释	(160)
6.4	三维可视化解释和成果显示技术	(163)
7	潜山储层综合测井评价技术	(166)
7.1	测井岩性识别技术	(166)
7.2	测井储层识别技术	(167)
7.3	储层参数测井解释评价技术	(172)
8	储层地震反演与横向预测技术	(176)
8.1	碎屑岩储层地震反演与储层预测技术	(176)
8.2	重点目标区反演及预测效果分析	(183)
8.3	潜山岩性反演与横向预测技术	(192)
9	潜山裂缝横向预测技术	(196)
9.1	潜山裂缝发育的主控因素	(196)
9.2	采用有限元应力场分析预测裂缝	(198)
9.3	光弹物理模拟实验预测裂缝	(200)
9.4	地震多属性潜山裂缝预测技术	(208)
9.5	构造应力法裂缝预测技术	(210)
9.6	多属性测井模拟反演潜山裂缝预测技术	(211)

第三篇 进展与展望

10	石油地质研究与技术创新成果	(215)
10.1	石油地质研究成果	(215)
10.2	技术创新成果	(224)
11	成果与认识	(226)
11.1	工作思路	(226)
11.2	精细勘探成果	(227)
11.3	成功经验	(233)
11.4	深化勘探的潜力分析	(235)
	参考文献	(247)

第一篇 地质理论研究

大民屯凹陷石油地质研究已有 50 多年历史，几代石油地质工作者为大民屯凹陷勘探付出了大量心血，取得了丰硕的地质研究成果。“十五”以来为适应大民屯凹陷精细勘探的需要，全面深化石油地质基础研究，特别是层序地层学、含油气系统、潜山古应力场分析等相关石油地质新理论的应用与研究，为大民屯潜山精细勘探指明了方向。

1 区域地质特征

1.1 地层特征

大民屯凹陷位于辽河拗陷的东北部，距沈阳市 25km，面积约为 800km²，是我国东部著名的“小而肥”含油凹陷，也是闻名于世的高蜡原油的生产基地。平面上呈不规则三角形，南宽北窄，四周为边界断层所限（图 1.1.1）。目前已在凹陷内发现 5 套含油气储层，其中前古近系潜山和古近系砂岩是最重要的产层。

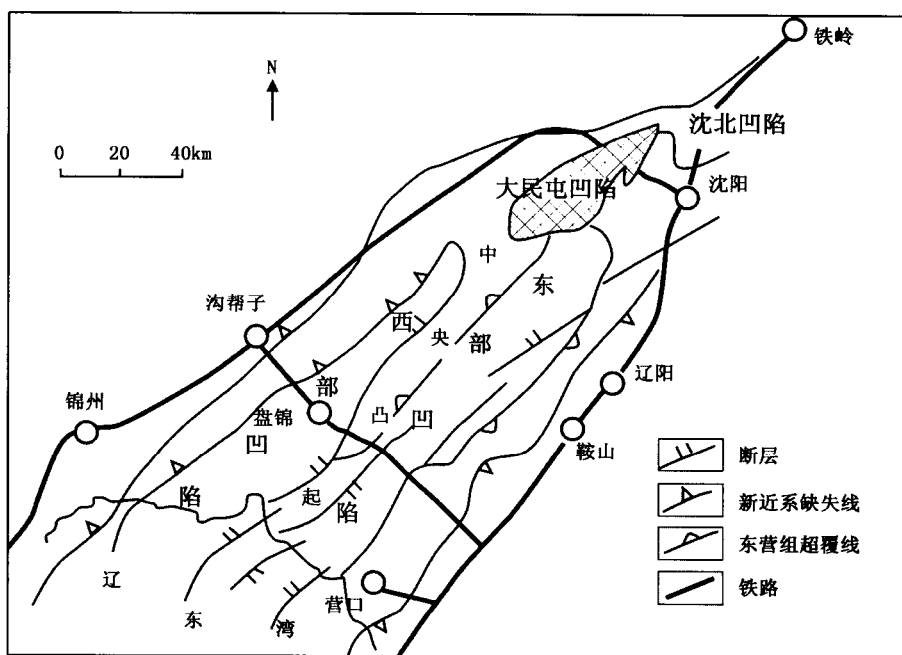


图 1.1.1 大民屯凹陷位置图

大民屯凹陷是在太古宇、元古宇和中生界组成的基底之上发育的新生代陆相小凹陷。新生界凹陷充填的古近系和新近系发育较全，其中古近系包括房身泡组 (Ef)、沙河街组四段 (Es₄)、沙河街组三段 (Es₃)、沙河街组一段 (Es₁) 和东营组 (Ed)，新近系主要包括馆陶组 (Ng) 和明化镇组 (Nm) (表 1.1.1、图 1.1.2)。

1.1.1 基底地层

根据钻井揭露，大民屯凹陷基底地层主要由太古宇和元古宇组成，中生界局部残留（图 1.1.3），魏喜、宋柏荣等（2001）认为，区内还存在古生界，他们将原定为中、上元古界的部分碳酸盐岩和石英砂岩划归为上古生界石炭系、二叠系等。

表 1.1.1 大民屯凹陷地层表

层 位					厚度 (m)	主 要 岩 性
界	系	统	组	段		
新生界	新近系	中新统	明化镇组—馆陶组(?)		300~500	灰白色块状砂砾岩夹薄层灰绿色泥岩和黄绿色泥岩及亚粘土, 砂砾岩疏松, 泥岩松软
	古近系	渐新统	东营组		200~590	岩性以灰白色砂砾岩、含砾砂岩为主, 与灰绿、暗紫红色砂质泥岩不等厚互层
			沙河街组	一段	200~400	下部为灰绿、灰、紫红色泥岩与灰白色含砾砂岩、长石砂岩不等厚互层; 上部为灰、灰绿色泥岩与灰白色长石砂岩不等厚互层
		始新统		三段	1000~2000	深灰、灰、绿灰、灰绿、紫红和棕红等不同颜色泥岩与几种不同粒级碎屑岩互层
				四段	300~800	上部为深灰色泥岩夹薄层砂岩和褐灰色泥岩, 下部为杂色砂砾岩、砂岩、泥岩互层
		古新统	房身泡组		0~210	玄武岩和红色泥岩
中生界	白垩—侏罗系				0~1300	红色砂砾岩、泥岩、安山岩
元古宇					0~290	暗紫色板岩、深灰色石英岩、暗紫色白云岩与石英岩互层
太古宇						黑云母斜长变粒岩、浅粒岩、浅粒岩、斜长角闪岩、混合花岗岩和片麻岩等

1.1.1.1 太古宇 (Ar)

太古宇变质岩系在大民屯凹陷基底中分布广泛, 由中、深变质的片麻岩类、变粒岩类、角闪质岩类、混合岩类及混合花岗岩类组成, 厚度巨大。地层视电阻率曲线呈现为宽缓的高阻值, 但泥质含量较高的片麻岩和辉绿岩脉泥化后, 视电阻率偏低, 自然伽马值较高, 曲线呈高块状, 个别井段自然伽马值偏低。岩心全岩同位素年龄测定最大值为 23 亿年, 平均为 20 亿年。根据其岩性区域对比和实测年龄, 推测其属于鞍山群。

1.1.1.2 元古宇 (Pt)

元古宇是太古宇鞍山群之上的第一构造层, 由于受到多次构造运动的影响, 中、上元古界都是残存并超覆于太古宇变质岩之上。根据钻井揭露, 岩性主要由浅变质的砂泥岩和碳酸盐岩两类组成, 变质砂泥岩主要为石英砂岩和板岩, 碳酸盐岩有白云岩和结晶灰岩等。属长城系的下部大红峪组和高庄组。

1.1.1.3 中生界 (Mz)

中生界是基底岩系的第二构造层, 为上侏罗统一下白垩统的红色砂岩、砾岩和泥岩 (包括火山碎屑岩), 测井曲线表现为视电阻率高、钻时高的特点。目前未发现重要油气藏。

1.1.2 充填地层

凹陷充填以新生代陆相河湖环境沉积物为主, 为多旋回的砂泥岩沉积组合。自下而上包括古近系房身泡组、沙河街组、东营组, 以及新近系馆陶组和明化镇组。

